

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA BANGUNAN BERTINGKAT
DENGAN KOLOM BERPENAMPANG PIPIH MENGGUNAKAN
METODE ANALISIS *PUSHOVER***

(Studi Kasus : Gedung Holland Park Condotel Batu)

SKRIPSI

Diajukan Kepada Universitas Muhammadiyah Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Akademik
Dalam Menyelesaikan Program Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

LULUS RIZQYONO SUBROTO

201210340311178

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN KOLOM BERPENAMPANG PIPIH MENGGUNAKAN METODE ANALISIS *PUSHOVER* (Studi Kasus : Gedung Holland Park Condotel Batu)

Nama : LULUS RIZQYONO SUBROTO

NIM : 201210340311178

Pada hari Selasa tanggal 18 Oktober 2016, telah diuji oleh tim peguji :

1. **Ir. Rofikatul Karimah, MT**

Dosen Penguji I

2. **Ir. Lukito Prasetyo, MT**

Dosen Penguji II

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Ir. Erwin Rommel, MT

Dosen Pembimbing II



Moh. Abduh, ST., MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Rofikatul Korimah, MT

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadiran ALLAH SWT, yang telah memberikan berkah, rahmat, hidayah serta innayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat dengan Kolom Berpenampang Pipih Menggunakan Metode Analisis Pushover (Studi Kasus : Gedung Holland Park Condotel Batu)**”. Tidak lupa, sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan alam Nabi Besar Muhammad SAW yang telah menuntun umat-Nya dari jalan yang penuh kejahilan menuju jalan yang rahmatan lil’alamin.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini melalui perjalanan waktu yang panjang serta melibatkan banyak bantuan, bimbingan, dorongan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Tidak lupa penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Rofikatul Karimah, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
2. Bapak Ir. Erwin Rommel, MT selaku pembimbing I, terima kasih telah mengarahkan serta membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Moh. Abduh, ST., MT selaku pembimbing II, terima kasih telah mengarahkan serta membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Staf Jurusan Teknik Sipil, Staf TU Fakultas Teknik dan Staf Laboratorium Teknik Sipil.

Akhir kata penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil.

Malang, 16 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Konsep Desain Struktur	4
2.1.1 <i>Strength Based Design</i>	4
2.1.2 <i>Performance Based Design</i>	6
2.2 Hierarki Kerusakan Struktur	7
2.2.1 Mekanisme Runtuh pada Kolom	8
2.2.1 Mekanisme Runtuh pada Balok	9
2.3 Analisis Statik Beban Dorong (<i>Static Pushover Analysis</i>)	10
2.3.1 Langkah-langkah Analisis <i>Pushover</i>	10
2.4 Analisa Modal	12
2.4.1 Persamaan Analisa Modal.....	13
2.5 Respon Spektrum	16
2.6 Langkah-langkah Menentukan <i>Performance Point</i> (ATC-40)	17

2.6.1 Prosedur Menentukan <i>Demand</i>	17
2.6.2 Prosedur A Metode Spektrum Kapasitas	18
2.7 Kinerja Struktur.....	25
2.7.1 Kategori Level Kinerja Struktur	25
BAB III METODE ANALISA	27
3.1 Lokasi.....	27
3.2 Data Umum	27
3.3 Tahapan Analisis.....	28
3.3.1 Studi Literatur	28
3.3.2 Pengumpulan Data	28
3.3.3 Pemodelan 3D.....	29
3.3.4 Analisa Modal Struktur.....	31
3.3.4.1 Respon Spektrum.....	31
3.3.4.2 Gaya Lateral Modal Antar Tingkat	32
3.3.5 Analisis Struktur Metode <i>Pushover</i>	32
3.3.6 Analisis <i>Pushover</i> Metode <i>Capacity Spectrum</i> Prosedur A	33
3.3.7 Evaluasi Kinerja Struktur.....	33
3.4 Diagram Alir Analisis	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Data Struktur Bangunan.....	35
4.1.1 Konfigurasi Gedung.....	36
4.1.2 Data Elemen Struktur.....	36
4.1.3 Spesifikasi Material	37
4.2 Perhitungan Pembebanan Grafitasi	38
4.2.1 Balok	38
4.2.2 Pelat.....	40
4.2.3 Kolom	44
4.2.4 Dinding	45
4.2.5 Beban Hidup	46
4.3 Identifikasi Kelas Situs	46
4.4 Respon Spektrum	47

4.5 Analisa Modal Struktur	49
4.6 Gaya Lateral Analisa <i>Pushover</i>	57
4.7 Pemodelan Gedung Pada SAP 2000 v.15	68
4.7.1 Pembebanan Struktur	68
4.7.2 Analisis <i>Pushover</i>	69
4.8 Pembahasan Analisa.....	72
4.8.1 Perhitungan Konversi Respon Spektrum Format ADRS.....	73
4.8.2 Perhitungan Konversi Kurva Kapasitas Format ADRS.....	74
4.8.3 Menentukan Performance Point Prosedur A (CSM)	75
4.8.4 Skema Distribusi Sendi Plastis (<i>Hinge</i>).....	79
BAB V PENUTUP	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Situs	16
Tabel 2.2 Nilai Faktor Modifikasi <i>Viscous Damping</i> Ekvivalen.....	22
Tabel 2.3 Nilai minimum SR_A dan SR_V	23
Tabel 2.4 Tipe-tipe perilaku struktural.....	23
Tabel 2.5 Kriteria level kinerja struktur ATC-40.....	25
Tabel 2.6 Batas <i>Drift</i> Berdasarkan <i>Performance Based Design</i>	26
Tabel 4.1 Tinggi Tingkat	36
Tabel 4.2 Tipe Balok	37
Tabel 4.3 Tipe Kolom	37
Tabel 4.4 Beban Grafitasi Balok Denhag Lg.1 – Lt.2	38
Tabel 4.5 Beban Grafitasi Balok Denhag Lt.3	39
Tabel 4.6 Beban Grafitasi Balok Denhag Lt.4.....	39
Tabel 4.7 Beban Grafitasi Balok Atap Denhag Lt.3	39
Tabel 4.8 Beban Grafitasi Balok Atap Denhag Lt.4	40
Tabel 4.9 Beban Grafitasi Balok Per Lantai	40
Tabel 4.10 Beban Grafitasi Pelat Denhag Lg.1 – Lt.2	40
Tabel 4.11 Beban Grafitasi Pelat Denhag Lt.3	41
Tabel 4.12 Beban Grafitasi Pelat Denhag Lt.4	42
Tabel 4.13 Beban Grafitasi Pelat Atap Denhag Lt.3.....	42
Tabel 4.14 Beban Grafitasi Pelat Atap Denhag Lt.4.....	43
Tabel 4.15 Beban Grafitasi Pelat Per Lantai	44
Tabel 4.16 Beban Grafitasi Kolom Denhag.....	44
Tabel 4.17 Beban Grafitasi Dinding Denhag.....	45
Tabel 4.18 Beban Grafitasi Struktur	46
Tabel 4.19 Data Penyelidikan Tanah <i>Borehole</i> DB-3.....	47
Tabel 4.20 Data Respon Spektrum.....	48
Tabel 4.21 Nilai Maximum Displacement Arah X	54
Tabel 4.22 Nilai Maximum Displacement Arah Y	55

Tabel 4.23 Nilai <i>Normalized Mode Shape</i> Arah X	57
Tabel 4.24 Nilai <i>Normalized Mode Shape</i> Arah Y	58
Tabel 4.25 Gaya Lateral Arah X pada Mode 1	59
Tabel 4.26 Gaya Lateral Arah X pada Mode 2	60
Tabel 4.27 Gaya Lateral Arah X pada Mode 3	60
Tabel 4.28 Gaya Lateral Arah X pada Mode 4	61
Tabel 4.29 Gaya Lateral Arah X pada Mode 5	61
Tabel 4.30 Gaya Lateral Arah X pada Mode 6	62
Tabel 4.31 Gaya Lateral Arah X pada Mode 7	62
Tabel 4.32 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 1	63
Tabel 4.33 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 2	63
Tabel 4.34 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 3	64
Tabel 4.35 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 4	64
Tabel 4.36 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 5	65
Tabel 4.37 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 6	65
Tabel 4.38 Gaya Lateral Arah Y pada Mode 7	66
Tabel 4.39 Gaya Lateral <i>SRSS</i> Arah X.....	66
Tabel 4.40 Gaya Lateral <i>SRSS</i> Arah X.....	67
Tabel 4.41 Hasil <i>Running Analisa Pushover</i> Arah X	72
Tabel 4.42 Hasil <i>Running Analisa Pushover</i> Arah Y	72
Tabel 4.43 Hasil Konversi Respon Spektrum Format <i>ADRS</i>	73
Tabel 4.44 Konversi Kurva Kapasitas Arah Y Format <i>ADRS</i>	74
Tabel 4.45 Reduksi Respon Spektrum Format <i>ADRS</i>	78
Tabel 4.46 Rekapitulasi Sendi Plastis Balok dan Kolom Step-1	81
Tabel 4.47 Rekapitulasi Sendi Plastis Balok dan Kolom Step-2	83
Tabel 4.48 Rekapitulasi Sendi Plastis Balok dan Kolom Step-3	85
Tabel 4.49 Rekapitulasi Sendi Plastis Balok dan Kolom Step-4	87
Tabel 4.50 Rekapitulasi Sendi Plastis Balok dan Kolom Step-5	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Alir Desain Struktur Bangunan Menurut (<i>SBA</i>)	5
Gambar 2.2 Bagan Alir Desain Struktur Bangunan Menurut (<i>PBD</i>).....	6
Gambar 2.3 Mekanisme Runtuh Pada Portal Terbuka.....	8
Gambar 2.4 Mekanisme Runtuh Pada Kolom	9
Gambar 2.5 Mekanisme Runtuh Pada Balok Dan Letak Sendi Plastis.....	9
Gambar 2.6 Prosedur Analisis <i>Pushover</i>	11
Gambar 2.7 Kurva Kapasitas Dari Hasil Analisis <i>Pushover</i>	12
Gambar 2.8 Sistem <i>Single-Degree Of Freedom</i> (SDOF).....	12
Gambar 2.9 Sistem MDOF Dan SDOF	13
Gambar 2.10 Amplitude Sistem <i>Multi-Degree Of Freedom</i> (MDOF)	13
Gambar 2.11 Konversi Kurva Kapasitas Menjadi Spektrum Kapasitas	19
Gambar 2.12 Konversi Respon Spektrum Dalam Format ADRS.....	19
Gambar 2.13 <i>Equal Displacement Approximation</i>	20
Gambar 2.14 Represetasi Bi-linear Pada Metode Spektrum Kapasitas	20
Gambar 2.15 Damping Untuk Reduksi Spektral	21
Gambar 2.16 Energi yang dipancarkan oleh damping	22
Gambar 2.17 Reduksi Pada Respon Spektrum Elastis (Damping 5%).....	24
Gambar 2.18 Titik Perpotongan <i>Demand</i> Dan Kapasitas	24
Gambar 2.19 Batas Toleransi Titik dpi.....	25
Gambar 2.20 Ilustrasi Level Kinerja Berbasis Kinerja	26
Gambar 3.1 Lokasi Gedung	27
Gambar 3.2 Sistem Koordinat Yang Digunakan Dalam Program SAP 2000	30
Gambar 3.3 Diagram Alir Analisis	34
Gambar 4.1 Gambar Denah Lantai Lobby	35
Gambar 4.2 Pemodelan Struktur Pada Program Analisa Struktur	35
Gambar 4.3 Letak Titik Penyelidikan Tanah	46
Gambar 4.4 Rumus Respon Spektra C_a Dan C_v	48
Gambar 4.5 Respon Spektra Dengan Redaman 5%.....	49

Gambar 4.6 <i>Mode Shape</i> 1 Portal Arah Y.....	49
Gambar 4.7 <i>Mode Shape</i> 2 Portal Arah Y.....	50
Gambar 4.8 <i>Mode Shape</i> 3 Portal Arah Y.....	50
Gambar 4.9 <i>Mode Shape</i> 4 Portal Arah Y.....	50
Gambar 4.10 <i>Mode Shape</i> 5 Portal Arah Y.....	51
Gambar 4.11 <i>Mode Shape</i> 6 Portal Arah Y.....	51
Gambar 4.12 <i>Mode Shape</i> 7 Portal Arah Y.....	51
Gambar 4.13 <i>Mode Shape</i> 1 Portal Arah X.....	52
Gambar 4.14 <i>Mode Shape</i> 2 Portal Arah X.....	52
Gambar 4.15 <i>Mode Shape</i> 3 Portal Arah X.....	52
Gambar 4.16 <i>Mode Shape</i> 4 Portal Arah X.....	53
Gambar 4.17 <i>Mode Shape</i> 5 Portal Arah X.....	53
Gambar 4.18 <i>Mode Shape</i> 6 Portal Arah X.....	53
Gambar 4.19 <i>Mode Shape</i> 7 Portal Arah X.....	54
Gambar 4.20 Grafik <i>Mode Shape</i> Arah X.....	56
Gambar 4.21 Grafik <i>Mode Shape</i> Arah Y.....	57
Gambar 4.22 Grafik Gaya Lateral Arah X Dan Y	68
Gambar 4.23 Input Data Material	69
Gambar 4.24 Input Data Frame Balok, Kolom, Dan Plat	69
Gambar 4.25 Input Data <i>Constraint Diaphragm</i>	70
Gambar 4.26 Input Data <i>Load Patterns</i>	70
Gambar 4.27 Input Data <i>Load Cases</i>	71
Gambar 4.28 Input Data <i>Hinge Properties</i>	71
Gambar 4.29 Kurva Kapasitas <i>Pushover</i>	73
Gambar 4.30 Kurva Respon Spektrum (Sa-Sd)	74
Gambar 4.31 Kurva Spektrum Kapasitas (Sa-Sd).....	75
Gambar 4.32 Iterasi-1 Titik (a_{pi} , d_{pi})	75
Gambar 4.33 Iterasi-2 Representasi Bi-Linear ($A_1 = A_2$)	76
Gambar 4.34 Iterasi-3 Titik (a_y , d_y).....	76
Gambar 4.35 Iterasi-4 <i>Performance Point</i>	78
Gambar 4.36 Batasan Kinerja Struktur Menurut ATC-40	79

Gambar 4.37 Step-1 Portal – 4 Arah Sumbu Y.....	80
Gambar 4.38 Step-1 Portal – B’ Arah Sumbu X.....	80
Gambar 4.39 Step-2 Portal – 5 Arah Sumbu Y.....	82
Gambar 4.40 Step-2 Portal – C’ Arah Sumbu X.....	82
Gambar 4.41 Step-3 Portal – 6 Arah Sumbu Y.....	84
Gambar 4.42 Step-3 Portal – C’ Arah Sumbu X.....	84
Gambar 4.43 Step-4 Portal – 5 Arah Sumbu Y.....	86
Gambar 4.44 Step-4 Portal – C’ Arah Sumbu X.....	86
Gambar 4.45 Step-5 Portal – 6 Arah Sumbu Y.....	88
Gambar 4.46 Step-5 Portal – C’ Arah Sumbu X.....	88
Gambar 4.47 Tekuk pada Penampang Melintang Tak Simetrik.....	90
Gambar 4.48 Distribusi Tegangan-Regangan pada Struktur Beton Bertulang.....	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Prosedur Analisa <i>Pushover</i>
Lampiran B	Gambar Denah, Potongan, Portal, Rencana Balok & Kolom, Tipe Balok & Kolom

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Prosedur Analisa *Pushover*
- Lampiran B Gambar Denah, Potongan, Portal, Rencana Balok & Kolom, Tipe
Balok & Kolom



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2015. *Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I. California*. Seismic Safety Commission State of California.
- FEMA-273. 1997. *NEHRP Guidelines For the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Virginia. American Society of Civil Engineers.
- FEMA-356. 2000. *NEHRP Guidelines For the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Virginia. American Society of Civil Engineers.
- H, Jideon dan Andriono Takim. 1993. *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang Di Daerah Rawan Gempa*. Surabaya : Erlangga.
- Lumantarna, Benjamin. 2001. *Pengantar Analisis Dinamis dan Gempa*. Yogyakarta : Andi.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Paz, Mario and Leigh William. 2004. *Theory and Computation Fifth Edition*. USA : Kluwer Academic Publishers.
- Rachmad Afandi, Nur. 2010. *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP 2000 (Studi Kasus : Gedung Rumah Sakit di Surakarta)*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Santoso, Budi dan Soerya Widjaja, 2000. *Perbandingan Analisa Statik Nonlinier Pushover dengan Analisa Dinamik Nonlinier Riwayat Waktu secara Tiga Dimensi Untuk Struktur Beraturan*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Seto Palupi, Arum. 2015. *Studi Kinerja Struktur Gedung Supermal Pakuwon Mansion Phase-1 Surabaya Menggunakan Analisis Pushover*,

Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember,
Jember.

Standar Nasional Indonesia. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI-1726-2012. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia.

Standar Nasional Indonesia. 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. SNI-1727-2013. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia.

Wiryanto, Dewobroto. 2007. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP2000 Edisi Baru*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.

Wisnumurti, Indra Cahya dan Ashar Anas, 2008. *Analisis Pushover Pada Gedung Tidak Beraturan dengan Study Kasus Pada Gedung Baru FIA UNIBRAW*, Jurnal Rekayasa Sipil, Vol 2, No. 1 – 2008 ISSN 1978 – 5658.

